

Docket No.: 50395-076

Z
PATENT

JC853 U.S. PTO
09/73275
12/11/00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of :
Takatoshi KATO, et al. :
Serial No.: Group Art Unit:
Filed: December 11, 2000 Examiner:
For: OPTICAL FIBER AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENTS**

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

Japanese Patent Application No. 11-353262, filed December 13, 1999;
Japanese Patent Application No. 11-353270, filed December 13, 1999;
and
Japanese Patent Application No. 2000-132652, filed May 1, 2000

cited in the Declaration of the present application. Certified copies are submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Arthur J. Steiner
Registration No. 26,106

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 AJS:klm
Date: December 11, 2000
Facsimile: (202) 756-8087

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

50345-076
DECEMBER 11, 2000
KATO et al.
McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年12月13日

出願番号

Application Number:

平成11年特許願第353262号

出願人

Applicant(s):

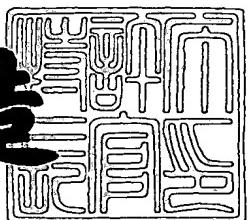
住友電気工業株式会社

JC853 U.S. PTO
09/732725
12/11/00


2000年 9月18日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3073686

【書類名】 特許願
【整理番号】 099Y0413
【提出日】 平成11年12月13日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 6/00
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内
【氏名】 加藤 考利
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内
【氏名】 大西 正志
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内
【氏名】 久保 祐二
【特許出願人】
【識別番号】 000002130
【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社
【代理人】
【識別番号】 100088155
【弁理士】
【氏名又は名称】 長谷川 芳樹
【選任した代理人】
【識別番号】 100089978
【弁理士】
【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908938

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における波長分散の絶対値が $8\sim15\text{ ps/nm/km}$ であり、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における分散スロープの絶対値が $0.05\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であることを特徴とする光ファイバ。

【請求項2】 波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における波長分散の絶対値が $8\sim12\text{ ps/nm/km}$ であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項3】 波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における分散スロープの絶対値が $0.03\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項4】 波長帯域 $1.45\sim1.65\text{ }\mu\text{m}$ において波長分散の絶対値が 5 ps/nm/km 以上であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項5】 波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における実効断面積が $45\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項6】 波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における実効断面積が $50\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする請求項5記載の光ファイバ。

【請求項7】 2 m カットオフ波長が $1.40\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項8】 2 m カットオフ波長が $1.60\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項9】 光軸中心を含み第1屈折率を有する第1コア領域と、前記第1コア領域を取り囲み前記第1屈折率より小さい第2屈折率を有する第2コア領域と、前記第2コア領域を取り囲み前記第2屈折率より大きい第3屈折率を有する第3コア領域と、前記第3コア領域を取り囲み前記第3屈折率より小さい第4屈折率を有するクラッド領域とを有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項10】 前記クラッド領域は、前記第3コア領域を取り囲む内クラッド領域と、前記内クラッド領域を取り囲む外クラッド領域とを含み、前記内クラッド領域の屈折率より前記外クラッド領域の屈折率が大きいことを特徴とする

請求項9記載の光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長多重伝送システムにおける光伝送路等として用いるのに好適な光ファイバに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

波長多重（WDM: Wavelength Division Multiplexing）伝送システムは、波長1.55μm帯の多波長の信号光を用いて光通信を行うことで、高速・大容量の情報を伝送することができる。このようなWDM伝送システムでは、非線形光学現象（特に四光波混合）の発生を抑圧する為に光伝送路における波長分散の絶対値を大きくするとともに、信号光波長帯域の広帯域化を図る為に光伝送路における分散スロープの絶対値を小さくすることが重要である。

【0003】

WDM伝送システムにおける光伝送路として用いられる光ファイバの1つに、ITUのG652規格で規格化されているシングルモード光ファイバがある。このシングルモード光ファイバは、波長1.3μm付近に零分散波長を有しており、波長1.55μmでは波長分散が17ps/nm/km程度であって比較的大きいことから、四光波混合の発生を充分に抑圧することができる。しかし、このシングルモード光ファイバは、波長1.55μmで分散スロープが0.056ps/nm²/km程度であって比較的大きいことから、多波長の信号光それぞれの波長分散の差が大きい。

【0004】

また、波長1.55μmにおける分散スロープを低減した分散フラット光ファイバが提案されている（例えば、米国特許第5,684,909号明細書や、欧州特許出願公報EP0883002A1を参照）。この分散フラット光ファイバは、波長1.55μmで分散スロープが0.05ps/nm²/km以下であって比較的小さい点では好適であるが、波長1.55μmは波長分散が8ps

$/ \text{nm} / \text{km}$ 程度であって比較的小ないことから、四光波混合の発生を充分に抑圧することができない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

以上のように、従来の光ファイバは、波長 $1.55 \mu\text{m}$ で波長分散の絶対値が小さいか或いは分散スロープの絶対値が大きいものであって、WDM伝送システムの光伝送路として用いると、四光波混合の発生を充分に抑圧することができないか、或いは、信号光波長帯域の広帯域化を図ることができない。

【0006】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、四光波混合の発生を充分に抑圧することができ、且つ、信号光波長帯域の広帯域化を図ができる光ファイバを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る光ファイバは、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における波長分散の絶対値が $8 \sim 15 \text{ ps/nm/km}$ であり、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における分散スロープの絶対値が $0.05 \text{ ps/nm}^2 / \text{km}$ 以下であることを特徴とする。この光ファイバは、波長分散の絶対値が大きいので、四光波混合の発生を抑制することができ、分散スロープの絶対値が小さいので、信号光波長帯域の広帯域化を図ができる。

【0008】

また、本発明に係る光ファイバは、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における波長分散の絶対値が $8 \sim 12 \text{ ps/nm/km}$ であることを特徴とする。この場合には、非線形光学現象と累積分散との相互作用に因る波形劣化を抑制する上で好適である。

【0009】

また、本発明に係る光ファイバは、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における分散スロープの絶対値が $0.03 \text{ ps/nm}^2 / \text{km}$ 以下であることを特徴とする。この場合には、信号光波長帯域の広帯域化を図る上で更に好適である。

【0010】

また、本発明に係る光ファイバは、波長帯域 $1.45 \sim 1.65 \mu\text{m}$ において波長分散の絶対値が 5 ps/nm/km 以上であることを特徴とする。広い波長帯域で波長分散の絶対値が大きいので、この広い信号光波長帯域で四光波混合の発生を抑制することができ、大容量の光通信を行うことができる。

【0011】

また、本発明に係る光ファイバは、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における実効断面積が $45 \mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする。特に、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における実効断面積が $50 \mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする。この場合には、実効断面積が大きいので、四光波混合の発生を抑制する上で好適である。

【0012】

また、本発明に係る光ファイバは、 2 m カットオフ波長が $1.40 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする。特に、 2 m カットオフ波長が $1.60 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする。この場合には、信号光波長よりカットオフ波長の方が長いが、数百m以上の伝送をする場合、カットオフ波長の距離依存性を考慮すると、实用上問題がなく、信号光波長帯域でシングルモード条件を満たしている。また、曲げ損失が小さく、曲げに強く、ケーブル化でのロス増を抑えるのに好適である。

【0013】

また、本発明に係る光ファイバは、光軸中心を含み第1屈折率を有する第1コア領域と、第1コア領域を取り囲み第1屈折率より小さい第2屈折率を有する第2コア領域と、第2コア領域を取り囲み第2屈折率より大きい第3屈折率を有する第3コア領域と、第3コア領域を取り囲み第3屈折率より小さい第4屈折率を有するクラッド領域とを有することを特徴とする。また、クラッド領域は、第3コア領域を取り囲む内クラッド領域と、内クラッド領域を取り囲む外クラッド領域とを含み、内クラッド領域の屈折率より外クラッド領域の屈折率が大きいことを特徴とする。これら何れの場合にも、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における波長分散の絶対値を $8 \sim 15 \text{ ps/nm/km}$ とし、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における分散スロープの絶対値を $0.05 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下とする上で好適である。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0015】

図1は、本実施形態に係る光ファイバを説明する図である。この図に示すように、本実施形態に係る光ファイバは、波長 $1.55\mu m$ における波長分散の絶対値が $8 \sim 15\text{ p s/n m/k m}$ である。したがって、この光ファイバは、波長分散の絶対値が大きいので、四光波混合の発生を抑制することができる。ただし、波長 $1.55\mu m$ における波長分散の絶対値が大きすぎると、ビットレート 40 G b/s 以上の光伝送では、非線形光学現象と累積分散との相互作用による波形劣化が問題となるので、波長 $1.55\mu m$ における波長分散の絶対値が $8 \sim 12\text{ p s/n m/k m}$ であるのが、より好適である。

【0016】

本実施形態に係る光ファイバは、波長 $1.55\mu m$ における分散スロープの絶対値が $0.05\text{ p s/n m}^2/k m$ 以下であり、より好適には、波長 $1.55\mu m$ における分散スロープの絶対値が $0.03\text{ p s/n m}^2/k m$ 以下である。したがって、この光ファイバは、分散スロープの絶対値が小さいので、信号光波長帯域の広帯域化を図ることができる。

【0017】

本実施形態に係る光ファイバは、波長帯域 $1.45 \sim 1.65\mu m$ において波長分散の絶対値が 5 p s/n m/k m 以上であるのが好適である。このように、Sバンド（波長帯域 $1.45 \sim 1.53\mu m$ ）、Cバンド（波長帯域 $1.53 \sim 1.56\mu m$ ）およびLバンド（波長帯域 $1.56 \sim 1.65\mu m$ ）を含む広い波長帯域で波長分散の絶対値が大きいので、この広い信号光波長帯域で四光波混合の発生を抑制することができ、大容量の光通信を行うことができる。

【0018】

本実施形態に係る光ファイバは、四光波混合の発生を抑制する上では、実効断面積が大きいのが好適である。したがって、波長 $1.55\mu m$ における実効断面積は、 $45\mu m^2$ 以上であるのが好適であり、 $50\mu m^2$ 以上であるのがより好適である。

【0019】

また、本実施形態に係る光ファイバは、信号光波長帯域でシングルモードであるのが好適である。また、曲げ損失が小さく、曲げに強いことも重要である。したがって、2mカットオフ波長は、1.40μm以上であるのが好適であり、1.60μm以上であるのがより好適である。また、カットオフ波長の距離依存性を考慮すれば、2mカットオフ波長は、信号光波長より長い2.0μm程度であってもよい。ここで、2mカットオフ波長は、長さ2mの光ファイバを半径140mmでゆるく1回巻き付けた状態でのLP₁₁モードのカットオフ波長として定義される。

【0020】

図2は、本実施形態に係る光ファイバの屈折率プロファイルの好適な1例を示す図である。この光ファイバは、光軸中心を含み屈折率n₁を有する第1コア領域と、第1コア領域を取り囲み屈折率n₂を有する第2コア領域と、第2コア領域を取り囲み屈折率n₃を有する第3コア領域と、第3コア領域を取り囲み屈折率n₄を有するクラッド領域とを有する。各屈折率の大小関係は、

$$n_1 > n_2 \quad \dots (1a)$$

$$n_2 < n_3 \quad \dots (1b)$$

$$n_3 > n_4 \quad \dots (1c)$$

である。ここで、第1コア領域の外径を2aと表し、第2コア領域の外径を2bと表し、第3コア領域の外径を2cと表す。クラッド領域の屈折率n₄を基準として、第1コア領域の比屈折率差を△n₁と表し、第2コア領域の比屈折率差を△n₂と表し、第3コア領域の比屈折率差を△n₃と表す。

【0021】

図3は、本実施形態に係る光ファイバの屈折率プロファイルの好適な他の例を示す図である。光軸中心を含み屈折率n₁を有する第1コア領域と、第1コア領域を取り囲み屈折率n₂を有する第2コア領域と、第2コア領域を取り囲み屈折率n₃を有する第3コア領域と、第3コア領域を取り囲み屈折率n₄を有する内クラッド領域と、内クラッド領域を取り囲み屈折率n₅を有する内クラッド領域とを有する。各屈折率の大小関係は、

$$n_1 > n_2 \quad \dots (2a)$$

$$n_2 < n_3 \quad \dots (2b)$$

$$n_3 > n_4 \quad \dots (2c)$$

$$n_4 < n_5 \quad \dots (2d)$$

である。ここで、第1コア領域の外径を2aと表し、第2コア領域の外径を2bと表し、第3コア領域の外径を2cと表し、内クラッド領域の外径を2dと表す。外クラッド領域の屈折率 n_5 を基準として、第1コア領域の比屈折率差を Δn_1 と表し、第2コア領域の比屈折率差を Δn_2 と表し、第3コア領域の比屈折率差を Δn_3 と表し、内クラッド領域の比屈折率差を Δn_4 と表す。

【0022】

次に、本実施形態に係る光ファイバの実施例について説明する。図4は、各実施例の光ファイバの諸元を纏めた図表である。

【0023】

実施例1の光ファイバは、図2に示した屈折率プロファイルを有するものであって、第1コア領域の比屈折率差 Δn_1 は0.44%であり、第2コア領域の比屈折率差 Δn_2 は0.00%であり、第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 は0.13%である。第1コア領域の外径2aは7.0 μmであり、第2コア領域の外径2bは20.8 μmであり、第3コア領域の外径2cは32.0 μmである。

【0024】

この実施例1の光ファイバの諸特性を評価したところ、零分散波長は1329 nmであり、波長分散は、波長1.45 μmで8.2 ps/nm/kmであり、波長1.55 μmで13.5 ps/nm/kmであり、波長1.65 μmで18.0 ps/nm/kmである。波長1.55 μmにおいて、分散スロープは0.048 ps/nm²/kmであり、実効断面積は63.4 μm²であり、直径3.2 mmφでの曲げ損失は0.003 dB/ターンである。2mカットオフ波長は1.78 μmである。

【0025】

実施例2の光ファイバは、図3に示した屈折率プロファイルを有するものであって、第1コア領域の比屈折率差 Δn_1 は0.40%であり、第2コア領域の比

屈折率差 Δn_2 は-0.05%であり、第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 は0.15%であり、内クラッド領域の比屈折率差 Δn_4 は-0.05%である。第1コア領域の外径2aは7.6 μmであり、第2コア領域の外径2bは16.3 μmであり、第3コア領域の外径2cは25.5 μmであり、内クラッド領域の外径2dは38.0 μmである。

【0026】

この実施例2の光ファイバの諸特性を評価したところ、零分散波長は1330 nmであり、波長分散は、波長1.45 μmで7.5 ps/nm/kmであり、波長1.55 μmで12.5 ps/nm/kmであり、波長1.65 μmで17.1 ps/nm/kmである。波長1.55 μmにおいて、分散スロープは0.047 ps/nm²/kmであり、実効断面積は69.2 μm²であり、直径3.2 mmφでの曲げ損失は0.02 dB/ターンである。2mカットオフ波長は1.43 μmである。

【0027】

実施例3の光ファイバは、図3に示した屈折率プロファイルを有するものであって、第1コア領域の比屈折率差 Δn_1 は0.45%であり、第2コア領域の比屈折率差 Δn_2 は-0.10%であり、第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 は0.19%であり、内クラッド領域の比屈折率差 Δn_4 は-0.10%である。第1コア領域の外径2aは6.7 μmであり、第2コア領域の外径2bは18.9 μmであり、第3コア領域の外径2cは29.5 μmであり、内クラッド領域の外径2dは44.0 μmである。

【0028】

この実施例3の光ファイバの諸特性を評価したところ、零分散波長は1331 nmであり、波長分散は、波長1.45 μmで6.8 ps/nm/kmであり、波長1.55 μmで10.5 ps/nm/kmであり、波長1.65 μmで12.6 ps/nm/kmである。波長1.55 μmにおいて、分散スロープは0.027 ps/nm²/kmであり、実効断面積は54.1 μm²であり、直径3.2 mmφでの曲げ損失は0.05 dB/ターンである。2mカットオフ波長は1.73 μmである。

【0029】

実施例4の光ファイバは、図3に示した屈折率プロファイルを有するものであって、第1コア領域の比屈折率差 Δn_1 は0.46%であり、第2コア領域の比屈折率差 Δn_2 は-0.20%であり、第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 は0.26%であり、内クラッド領域の比屈折率差 Δn_4 は-0.20%である。第1コア領域の外径2aは6.4μmであり、第2コア領域の外径2bは22.7μmであり、第3コア領域の外径2cは32.4μmであり、内クラッド領域の外径2dは48.4μmである。

【0030】

この実施例4の光ファイバの諸特性を評価したところ、零分散波長は1316nmであり、波長分散は、波長1.45μmで8.4ps/nm/kmであり、波長1.55μmで11.9ps/nm/kmであり、波長1.65μmで10.6ps/nm/kmである。波長1.55μmにおいて、分散スロープは0.015ps/nm²/kmであり、実効断面積は45.5μm²であり、直径32mmφでの曲げ損失は0.47dB/ターンである。2mカットオフ波長は1.82μmである。

【0031】

実施例5の光ファイバは、図3に示した屈折率プロファイルを有するものであって、第1コア領域の比屈折率差 Δn_1 は0.44%であり、第2コア領域の比屈折率差 Δn_2 は-0.08%であり、第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 は0.18%であり、内クラッド領域の比屈折率差 Δn_4 は-0.08%である。第1コア領域の外径2aは7.0μmであり、第2コア領域の外径2bは18.7μmであり、第3コア領域の外径2cは29.2μmであり、内クラッド領域の外径2dは43.6μmである。

【0032】

この実施例5の光ファイバの諸特性を評価したところ、零分散波長は1327nmであり、波長分散は、波長1.45μmで7.4ps/nm/kmであり、波長1.55μmで11.6ps/nm/kmであり、波長1.65μmで14.5ps/nm/kmである。波長1.55μmにおいて、分散スロープは0.

$0.34 \text{ p s} / \text{nm}^2 / \text{km}$ であり、実効断面積は $57.3 \mu\text{m}^2$ であり、直径 3.2 mm ϕ での曲げ損失は $0.02 \text{ dB}/\text{ターン}$ である。 2 m カットオフ波長は $1.71 \mu\text{m}$ である。

【0033】

実施例6の光ファイバは、図3に示した屈折率プロファイルを有するものであって、第1コア領域の比屈折率差 Δn_1 は 0.44% であり、第2コア領域の比屈折率差 Δn_2 は -0.10% であり、第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 は 0.18% であり、内クラッド領域の比屈折率差 Δn_4 は -0.10% である。第1コア領域の外径 $2a$ は $6.8 \mu\text{m}$ であり、第2コア領域の外径 $2b$ は $17.8 \mu\text{m}$ であり、第3コア領域の外径 $2c$ は $29.9 \mu\text{m}$ であり、内クラッド領域の外径 $2d$ は $44.6 \mu\text{m}$ である。

【0034】

この実施例6の光ファイバの諸特性を評価したところ、零分散波長は 1339 nm であり、波長分散は、波長 $1.45 \mu\text{m}$ で 5.6 ps/nm/km であり、波長 $1.55 \mu\text{m}$ で 8.4 ps/nm/km であり、波長 $1.65 \mu\text{m}$ で 9.7 ps/nm/km である。波長 $1.55 \mu\text{m}$ において、分散スロープは $0.018 \text{ ps/nm}^2 / \text{km}$ であり、実効断面積は $57.2 \mu\text{m}^2$ であり、直径 3.2 mm ϕ での曲げ損失は $0.07 \text{ dB}/\text{ターン}$ である。 2 m カットオフ波長は $1.85 \mu\text{m}$ である。

【0035】

実施例7の光ファイバは、図3に示した屈折率プロファイルを有するものであって、第1コア領域の比屈折率差 Δn_1 は 0.58% であり、第2コア領域の比屈折率差 Δn_2 は -0.10% であり、第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 は 0.22% であり、内クラッド領域の比屈折率差 Δn_4 は -0.10% である。第1コア領域の外径 $2a$ は $5.1 \mu\text{m}$ であり、第2コア領域の外径 $2b$ は $14.0 \mu\text{m}$ であり、第3コア領域の外径 $2c$ は $23.5 \mu\text{m}$ であり、内クラッド領域の外径 $2d$ は $35.0 \mu\text{m}$ である。

【0036】

この実施例7の光ファイバの諸特性を評価したところ、零分散波長は 1700

nmであり、波長分散は、波長1.45μmで-13.4ps/nm/kmであり、波長1.55μmで-12.4ps/nm/kmであり、波長1.65μmで-5.6ps/nm/kmである。波長1.55μmにおいて、分散スロープは0.037ps/nm²/kmであり、実効断面積は55.2μm²であり、直径32mmφでの曲げ損失は0.15dB/ターンである。2mカットオフ波長は1.72μmである。

【0037】

実施例8の光ファイバは、図3に示した屈折率プロファイルを有するものであって、第1コア領域の比屈折率差△n₁は0.44%であり、第2コア領域の比屈折率差△n₂は-0.10%であり、第3コア領域の比屈折率差△n₃は0.16%であり、内クラッド領域の比屈折率差△n₄は-0.10%である。第1コア領域の外径2aは6.8μmであり、第2コア領域の外径2bは17.8μmであり、第3コア領域の外径2cは26.8μmであり、内クラッド領域の外径2dは44.6μmである。

【0038】

この実施例8の光ファイバの諸特性を評価したところ、零分散波長は1353nmであり、波長分散は、波長1.45μmで6.6ps/nm/kmであり、波長1.55μmで10.3ps/nm/kmであり、波長1.65μmで12.7ps/nm/kmである。波長1.55μmにおいて、分散スロープは0.029ps/nm²/kmであり、実効断面積は55.8μm²であり、直径32mmφでの曲げ損失は0.06dB/ターンである。2mカットオフ波長は1.63μmである。

【0039】

実施例1～8の何れの光ファイバも、波長1.55μmにおける波長分散の絶対値が8～15ps/nm/kmであり、波長1.55μmにおける分散スロープの絶対値が0.05ps/nm²/km以下であり、波長帯域1.45～1.65μmにおいて波長分散の絶対値が5ps/nm/km以上であり、波長1.55μmにおける実効断面積が45μm²以上であり、また、2mカットオフ波長が1.40μm以上である。特に、実施例3～6および1.2それぞれの光ファ

イバは、波長 $1.55\mu\text{m}$ における波長分散の絶対値が $8\sim12\text{ps/nm/km}$ である。実施例3, 4, 6および8それぞれの光ファイバは、波長 $1.55\mu\text{m}$ における分散スロープの絶対値が $0.03\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下である。実施例1~3および5~8それぞれの光ファイバは、波長 $1.55\mu\text{m}$ における実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上である。実施例1および3~8それぞれの光ファイバは、2mカットオフ波長が $1.60\mu\text{m}$ 以上である。

【0040】

図5は、実施例3および7それぞれの光ファイバの波長分散の波長依存性を示すグラフである。実施例3および7それぞれの光ファイバは、波長 $1.55\mu\text{m}$ における波長分散が互いに異符号である。これらの光ファイバを組み合わせることで、全体の平均波長分散の絶対値を小さくすることができ、累積分散量の絶対値を小さくすることができる。また、波長 $1.55\mu\text{m}$ における波長分散が互いに異符号であって分散スロープも互いに異符号である2本の本実施形態に係る光ファイバを組み合わせることで、広い波長帯域において、全体の平均波長分散の絶対値を小さくすることができ、累積分散量の絶対値を小さくすることができる。

【0041】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく種々の変形が可能である。例えば、本実施形態に係る光ファイバは、実施例1~8のものに限られることなく、他の設計も可能である。

【0042】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る光ファイバは、波長 $1.55\mu\text{m}$ における波長分散の絶対値が $8\sim15\text{ps/nm/km}$ であり、波長 $1.55\mu\text{m}$ における分散スロープの絶対値が $0.05\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下である。このことから、本発明に係る光ファイバは、波長分散の絶対値が大きいので四光波混合の発生を抑制することができ、分散スロープの絶対値が小さいので信号光波長帯域の広帯域化を図ることができる。

【0043】

また、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における波長分散の絶対値が $8\sim12\text{ ps/nm/km}$ である場合には、非線形光学現象と累積分散との相互作用による波形劣化を抑制する上で好適である。波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における分散スロープの絶対値が $0.03\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下である場合には、信号光波長帯域の広帯域化を図る上で更に好適である。波長帯域 $1.45\sim1.65\text{ }\mu\text{m}$ において波長分散の絶対値が 5 ps/nm/km 以上である場合には、広い波長帯域で波長分散の絶対値が大きいので、この広い信号光波長帯域で四光波混合の発生を抑制することができ、大容量の光通信を行うことができる。

【0044】

また、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における実効断面積が $45\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上（より好適には $50\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上）である場合には、実効断面積が大きいので、四光波混合の発生を抑制する上で好適である。2mカットオフ波長が $1.40\text{ }\mu\text{m}$ 以上（より好適には $1.60\text{ }\mu\text{m}$ 以上）である場合には、信号光波長帯域でシングルモード条件を満たし、また、曲げ損失が小さく、曲げに強いので、ケーブル化の際のロス増を抑えるのに好適である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本実施形態に係る光ファイバを説明する図である。

【図2】

本実施形態に係る光ファイバの屈折率プロファイルの好適な1例を示す図である。

【図3】

本実施形態に係る光ファイバの屈折率プロファイルの好適な他の例を示す図である。

【図4】

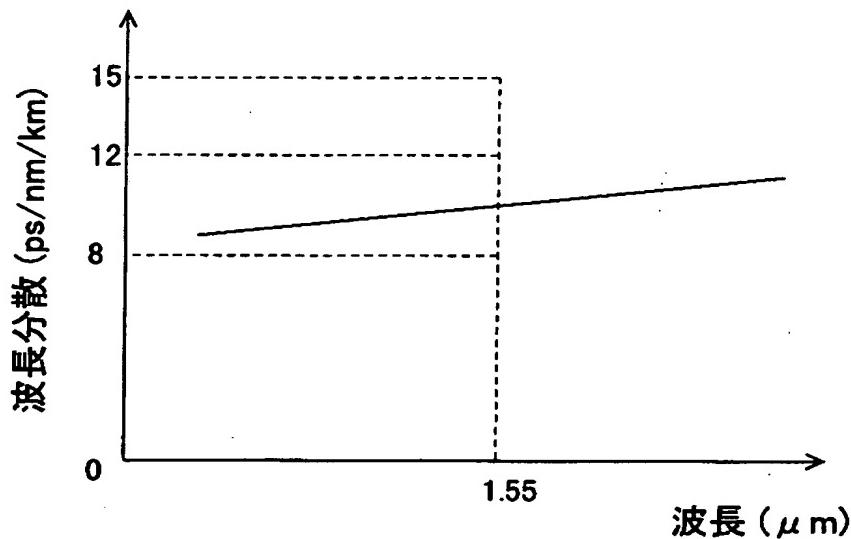
各実施例の光ファイバの諸元を纏めた図表である。

【図5】

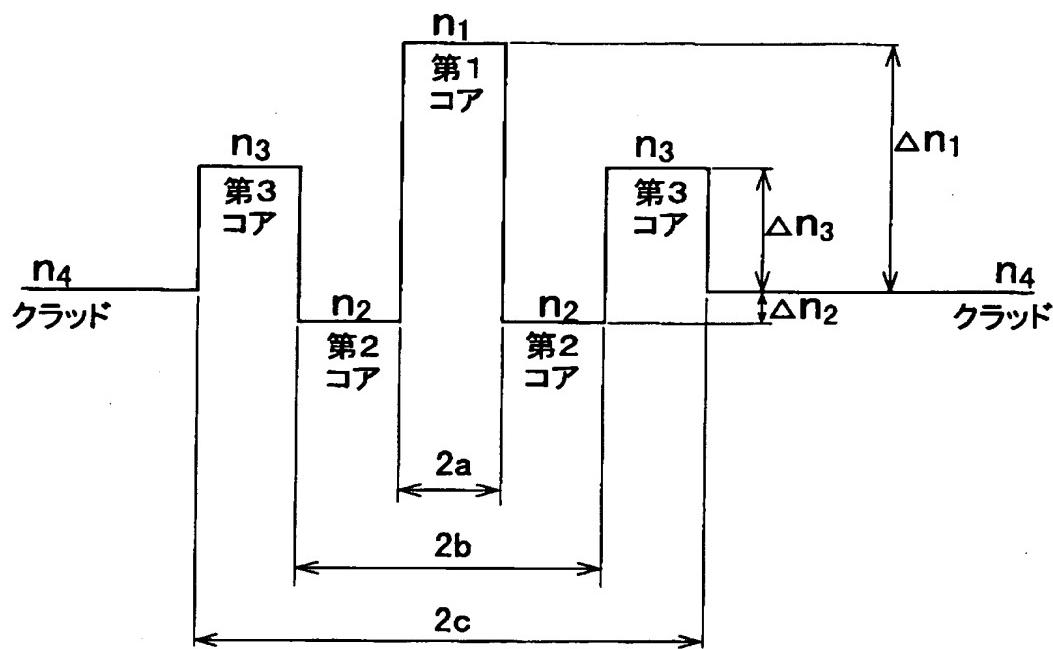
各実施例の光ファイバの波長分散の波長依存性を示すグラフである。

【書類名】 図面

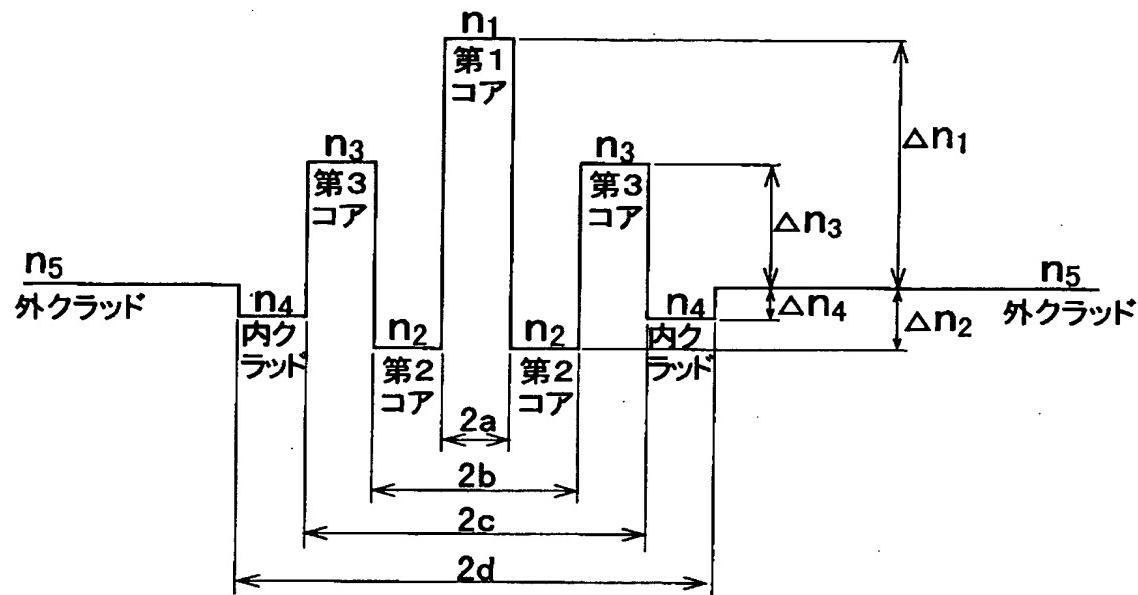
【図1】



【図2】



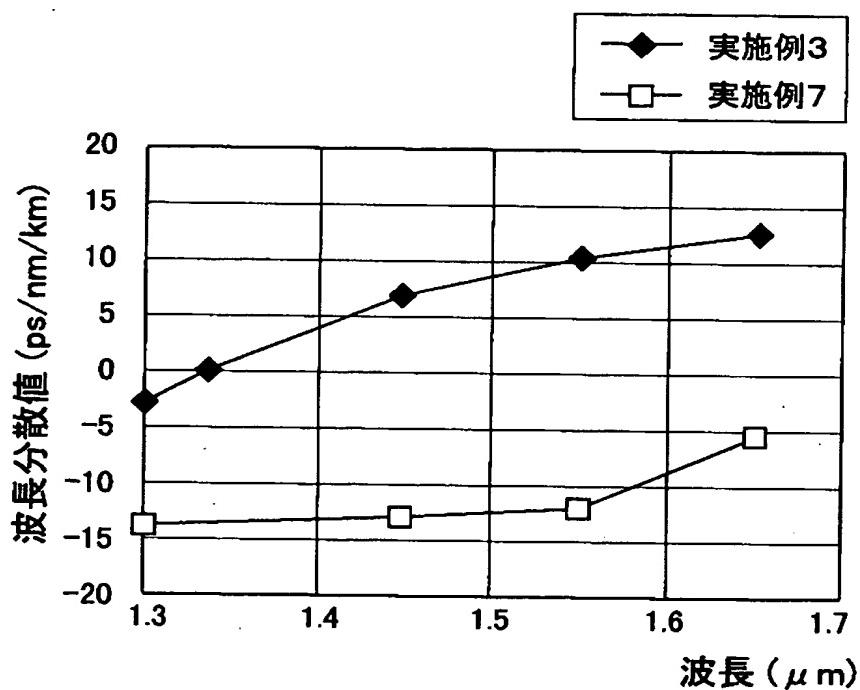
【図3】



【図4】

実施例	1	2	3	4	5	6	7	8
Δn_1 (%)	0.44	0.40	0.45	0.46	0.44	0.44	0.58	0.44
Δn_2 (%)	0.00	-0.05	-0.10	-0.20	-0.08	-0.10	-0.10	-0.10
Δn_3 (%)	0.13	0.15	0.19	0.26	0.18	0.18	0.22	0.16
Δn_4 (%)	—	-0.05	-0.10	-0.20	-0.08	-0.10	-0.10	-0.10
2a (μm)	7.0	7.6	6.7	6.4	7.0	6.8	5.1	6.8
2b (μm)	20.8	16.3	18.9	22.7	18.7	17.8	14.0	17.8
2c (μm)	32.0	25.5	29.5	32.4	29.2	29.9	23.5	26.8
2d (μm)	—	38.0	44.0	48.4	43.6	44.6	35.0	44.6
零分散波長 (nm)	1329	1330	1331	1316	1327	1339	1700	1333
波長分散 (ps/nm/km) @1.45 μm	8.2	7.5	6.8	8.4	7.4	5.6	-13.4	6.6
@1.55 μm	13.5	12.5	10.5	11.9	11.6	8.4	-12.4	10.3
@1.65 μm	18.0	17.1	12.6	10.6	14.5	9.7	-5.6	12.7
分散スロープ @1.55 μm (ps/nm ² /km)	0.048	0.047	0.027	0.015	0.034	0.018	0.037	0.029
実効断面積 @1.55 μm (μm^2)	63.4	69.2	54.1	45.5	57.3	57.2	55.2	55.8
32mm ϕ 曲げ損失 @1.55 μm (dB/ターン)	0.003	0.02	0.05	0.47	0.02	0.07	0.15	0.06
2mカットオフ波長(μm)	1.78	1.43	1.73	1.82	1.71	1.85	1.72	1.63

【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 四光波混合の発生を充分に抑圧することができ、且つ、信号光波長帯域の広帯域化を図ることができる光ファイバを提供する。

【解決手段】 本発明に係る光ファイバは、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における波長分散の絶対値が $8\sim15\text{ ps/nm/km}$ （より好適には $8\sim12\text{ ps/nm/km}$ ）であり、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における分散スロープの絶対値が $0.05\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下（より好適には $0.03\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下）である。また、好適には、波長帯域 $1.45\sim1.65\text{ }\mu\text{m}$ において波長分散の絶対値が 5 ps/nm/km 以上であり、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における実効断面積が $4.5\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上（より好適には $5.0\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上）であり、 2 m カットオフ波長が $1.40\text{ }\mu\text{m}$ 以上（より好適には $1.60\text{ }\mu\text{m}$ 以上）である。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

氏 名 住友電気工業株式会社